416/20

French

N° 957.075

Société dite :
The Cierva Autogiro Company Limited

3 planches. — Pl. I

Fig. 1.

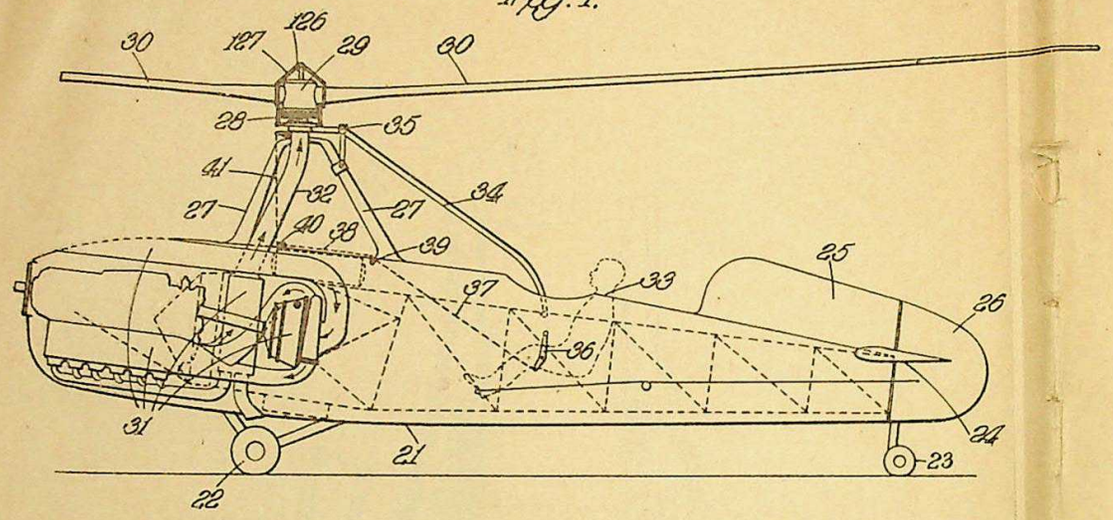
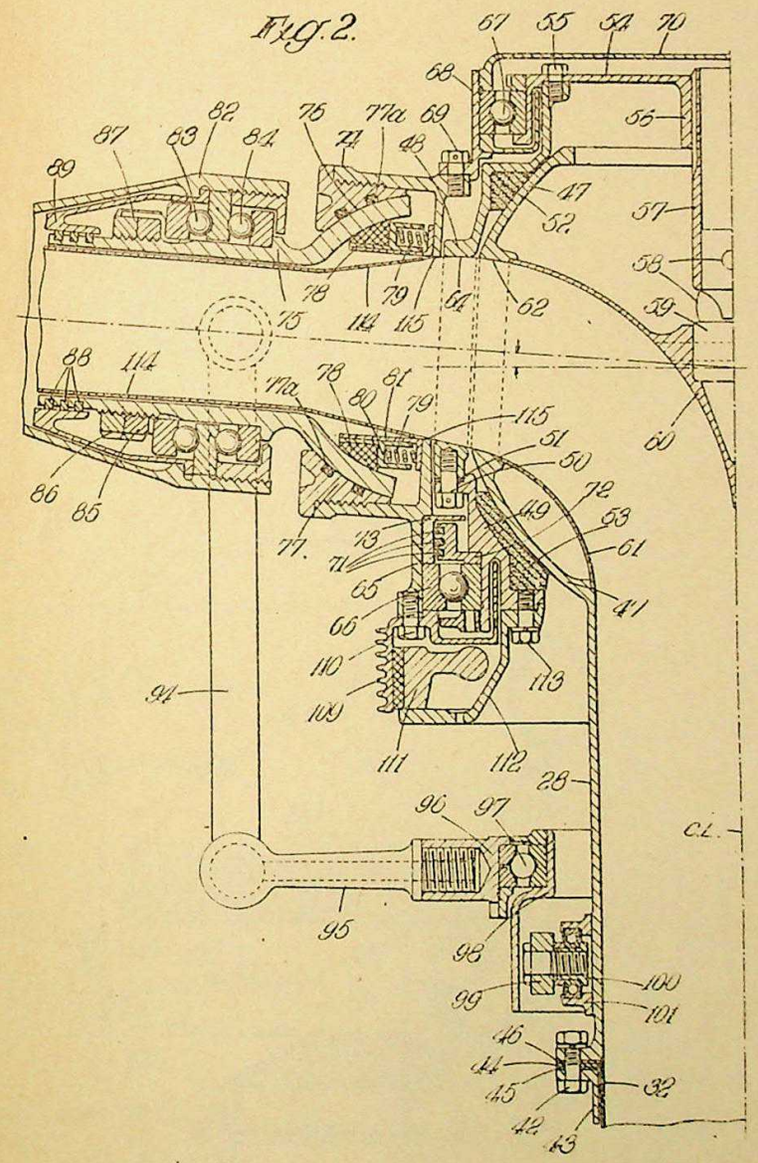


Fig. 2.



U.S. 2,429,646 } 416/20
Re. 23,448 }

The Cierva Autogiro Company Limited

Fig. 3.

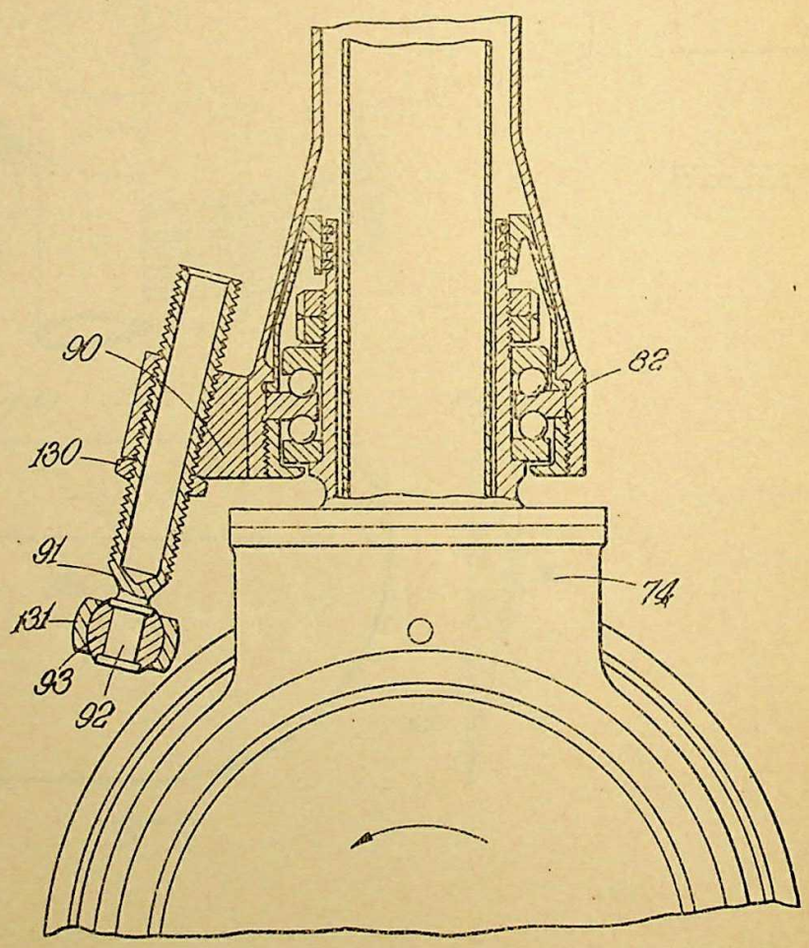
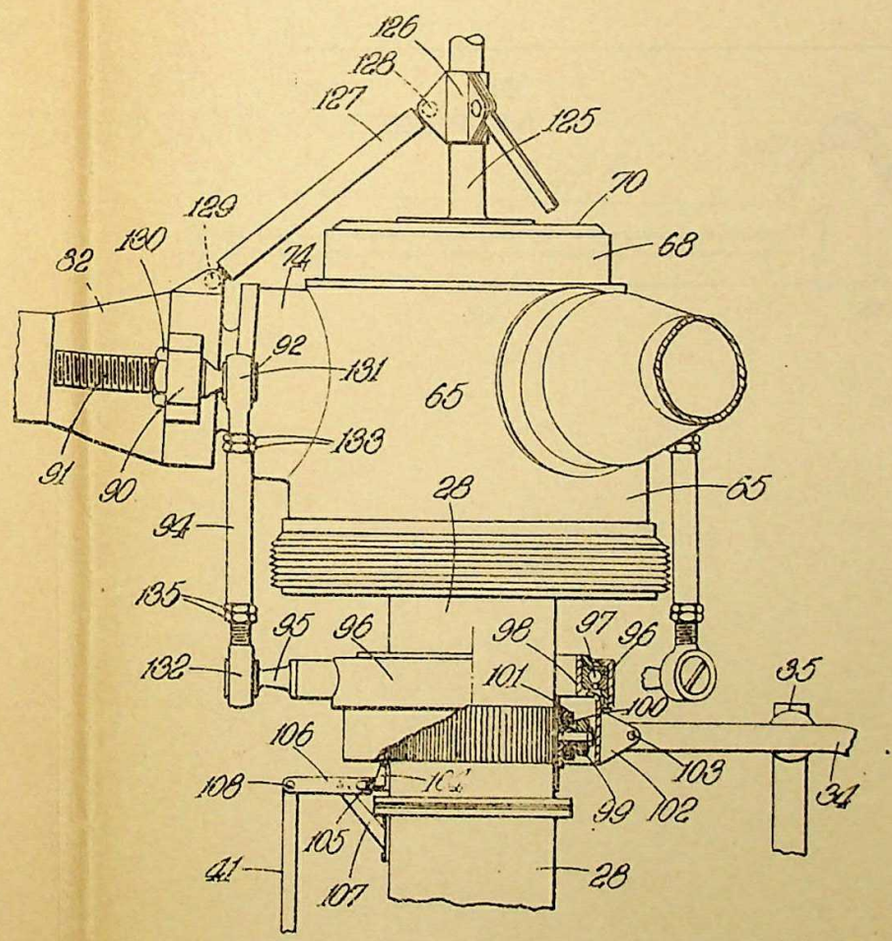


Fig. 4.



N° 957.075

Société dite :
The Cierva Autogiro Company Limited

3 planches. — Pl. III

Fig. 5.

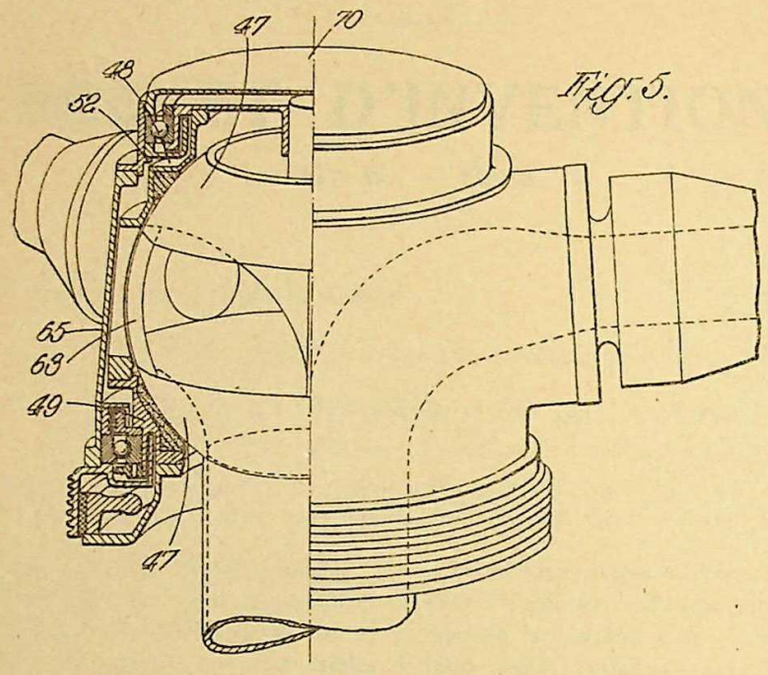


Fig. 6.

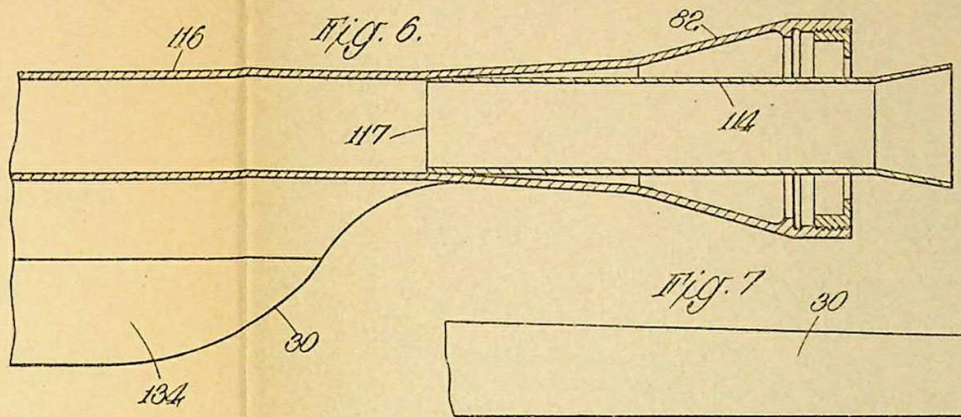


Fig. 7

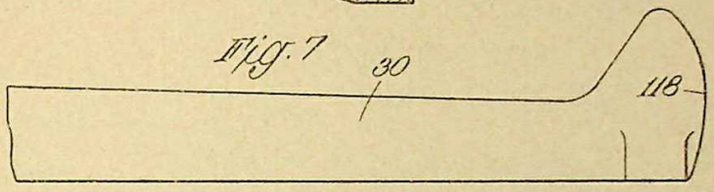


Fig. 8.

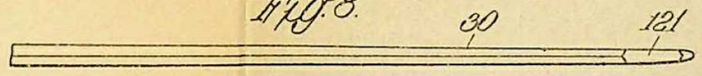


Fig. 9.

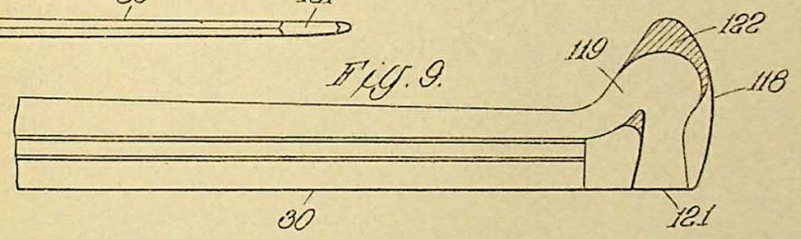


Fig. 10.

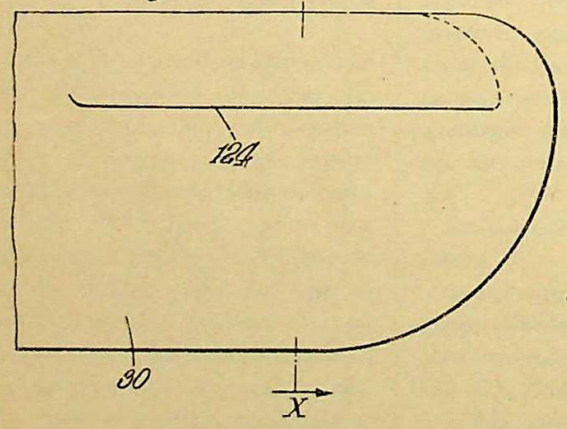
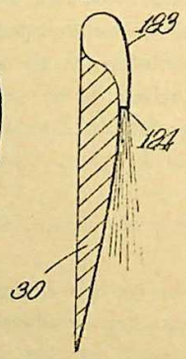


Fig. 11.



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE.

SERVICE DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE.

EXAMINER'S COPY
DIV. 22
Cl. 244

BREVET D'INVENTION.

Gr. 6. — Cl. 4. N° 957.075

Perfectionnement aux hélicoptères.

Société dite : THE CIERVA AUTOGIRO COMPANY LIMITED résidant en Grande-Bretagne.

Demandé le 27 août 1946, à 15h 16m, à Paris.
Délivré le 22 août 1949. — Publié le 13 février 1950.

(2 demandes de brevets déposées en Grande-Bretagne les 22 avril 1942 et 22 avril 1943 aux noms de Société dite : G. & J. WEIR LIMITED et M. Cyril George PULLIN. — Déclaration du déposant.)

Cette invention concerne les hélicoptères.

Un but de l'invention consiste à améliorer la solution des problèmes de la stabilité et de la manœuvrabilité, en particulier aux faibles vitesses de translation, ainsi que pendant la sustentation simple ou pendant l'ascension à partir du sol.

Les recherches de l'inventeur montrent que ce problème est étroitement lié avec celui qui consiste à supprimer tout couple de réaction entre l'hélicoptère et son rotor (ou ses rotors) et que, s'il existe un couple de réaction entre le rotor et le reste de l'appareil, on ne peut pas séparer les caractéristiques de stabilité du rotor de celles de l'avion, mais on doit au contraire traiter l'ensemble coque-rotor comme un tout indivisible. Cette circonstance introduit de si nombreux facteurs dans le problème, que la solution de celui-ci devient extrêmement complexe.

On connaît déjà l'artifice qui consiste à entraîner le rotor par des tuyères à réaction supportées par les pales du rotor elles-mêmes, artifice qui supprime le couple de réaction entre le rotor et la coque. Cet artifice caractérise plusieurs projets antérieurs, dans lesquels le disposisif en question est appliqué à des rotors possédant des types divers de montage des pales, articulées ou autres et des systèmes divers d'appareils de commande.

D'une façon large, la présente invention consiste à combiner l'entraînement d'après le principe de la réaction d'un écoulement avec un rotor ayant certaines caractéristiques spécifiques d'après la description ci-après, caractéristiques que les recherches des inventeurs montrent exceptionnnellement avantageuse du point de vue de la stabilité et de la facilité de commande. On ne réalise complètement ces avantages que s'il n'existe pas de couple de réaction entre le rotor et la coque de l'aéronef.

Les caractéristiques en question sont les suivantes :

a. Les organes du moyeu tournent sur un organe intermédiaire qui peut osciller dans un plan vertical, sur un organe support qui est fixé à la charpente de la coque;

b. On empêche l'organe intermédiaire de tourner sur l'organe support autour de l'axe du support du moyeu;

c. Les pales du rotor sont articulées sur le moyeu de façon à permettre de faire varier leur angle de pas, c'est-à-dire leur pas;

d. On a prévu des dispositifs permettant d'imprimer aux pales une variation périodique d'angle de pas toutes les fois que l'axe de la trajectoire décrite par les extrémités de pales s'écarte d'une certaine position origine, l'amplitude de la variation périodique étant pro-

Prix du fascicule : 25 francs.

portionnelle à la grandeur de cet écart et la phase de cette variation ayant une propriété stabilisatrice; autrement dit, les variations de l'angle de pas ont le signe qui convient pour produire des couples qui tendent à ramener la trajectoire des extrémités de pales dans une position où elle a le même axe que dans la position origine;

e. Des moyens sont prévus pour faire varier d'une façon réglable la position origine de l'axe de trajectoire des extrémités de pales.

Les dispositifs matériels permettant d'établir la position origine mentionnée ci-dessus peuvent prendre des formes diverses; mais sous une forme qui est préférable, ces moyens consistent en :

f. Un dispositif de plaque de commande de pas (concentrique à l'axe du moyeu du rotor quand ce dernier se trouve dans sa position moyenne, c'est-à-dire verticale), qui actionne des leviers partant des pales du rotor dans la direction du mouvement de rotation; la plaque peut osciller dans tous les sens, pour faire varier ladite position-origine;

g. En liaison avec le dispositif précédent, les pales du rotor subissent des contraintes, relativement au moyeu, telles que la trajectoire que décrit leurs extrémités a toujours le même axe que le moyeu.

On réalise la commande de vol en reliant la plaque de commande de pas aux commandes du pilote, de façon que les mouvements de commande fassent varier la position de ladite plaque dans un azimut quelconque.

De plus, les pales peuvent être montées de façon à pouvoir faire varier l'angle de pale dans le méridien, c'est-à-dire l'angle compris entre l'axe d'une pale et celui du rotor, les contraintes signalées dans l'alinéa *g.* précédent servant à assurer que toutes les pales font varier d'une même quantité leurs angles dans le méridien.

De préférence, le centre du joint sphérique ou universel qui relie l'organe intermédiaire et l'organe support (voir alinéa ci-dessus), doit coïncider avec le sommet du cône sur lequel se trouvent les axes des pales lorsque les pales sont à leur angle d'inclinaison normal, dans le méridien, ce qui dépend exclusivement de la vitesse angulaire du rotor et de sa poussée.

On voit que la liaison établie entre les pales et la plaque de commande de pas a pour effet, non seulement de provoquer une variation périodique de l'angle de pas des pales, quand l'axe de la trajectoire d'extrémité de pale et celui de la plaque de commande de pas sont divergents, mais encore de causer une égale diminution ou augmentation de l'angle de pas de toutes les pales, lorsque l'angle d'inclinaison dans le méridien augmente ou diminue respectivement.

Les pales du rotor portent des tuyères à réaction qui sont placées de préférence près des extrémités ou aux extrémités et sont dirigées vers l'arrière (relativement au sens de la rotation). Ces tuyères sont alimentées par un fluide moteur provenant d'un « générateur » installé dans la coque. Ce fluide moteur est amené aux tuyères par des passages convenablement disposés à l'intérieur du moyeu, dans les pales elles-mêmes. Les joints articulés et tournants du moyeu et des supports des pales sont munis de dispositifs d'étanchéité appropriés.

Dans ce contexte, le terme « générateur » représente tout dispositif approprié permettant de produire un écoulement de fluide moteur ayant une masse convenable et de communiquer à cet écoulement l'énergie qui est nécessaire.

D'une part, les articulations des pales doivent permettre une variation de l'angle de pas des pales et des pales dans le méridien; d'autre part, elles peuvent également permettre des déplacements en avant ou en retard de chaque pale individuelement, si on le désire.

Un hélicoptère ayant la forme avantageuse décrite ici aura les caractéristiques suivantes de fonctionnement :

i. Le couple de réaction entre le rotor et la coque sera nul;

ii. La vitesse angulaire du rotor sera constante. Autrement dit, il n'y aura plus de fluctuations périodiques, du fait de l'absence de tout effet de « joint de Hookes ». Cela tient à ce que, quelle que soit la position relative des trajectoires des extrémités de pales de la coque, les pales ne batteront plus relativement à l'organe rotatif du moyeu;

iii. Pour la même raison, le moyeu et son support ne supporteront pas de couple centrifuge;

iv. Le rotor ne subit pas une contrainte directe relativement à la coque. La seule con-

trainte existante est une contrainte indirecte causée par la plaque de commande de pas qui agit en modifiant l'amplitude et l'azimut de la variation périodique de pas des pales;

v. Les modifications de position de la trajectoire d'extrémité de pale, relativement à la coque de l'appareil, ont un effet d'auto-compensation, par suite de la modification induite de la loi de variation périodique du pas;

vi. Les bourrasques sont auto-compensatrices, par suite de la variation de l'angle moyen de pas, provoquée par la variation des pales;

vii. La vitesse angulaire est auto-régulatrice pour la même raison que dans l'alinéa *vi.* qui précède;

viii. Le rotor ne transmet aucun couple à la coque, mais transmet de simples forces, c'est-à-dire la poussée le long de l'axe de la trajectoire d'extrémité de pale et une faible force aérodynamique descendante dans le vol de translation. Il peut exister également une faible force due au vent transversal. Ces deux dernières forces équivalent simplement à un léger déplacement de l'axe de poussée qui cesse de coïncider avec l'axe de la trajectoire d'extrémité de pale; elles n'affectent pas la stabilité pendulaire de l'engin;

ix. Les commandes en vol sont nettement irréversibles et matérialisent en réalité ce qui est un asservissement.

Une autre caractéristique de l'invention consiste à utiliser les tuyères à réaction pour équilibrer les poids des pales rotoriques, en plaçant ces tuyères de façon que le centre de gravité de chacune d'elles soit placé assez loin sur l'avant, c'est-à-dire vers le bord d'attaque, pour garantir que la résultante de la force d'inertie, de la force centrifuge et des forces aérodynamiques agissant sur chaque pale ne provoque pas une torsion excessive de la pale, et pour que cette résultante constitue, avec les forces de rappel élastique de la pale, un système stable qui ne provoquera pas de vibrations dans la pale.

Une autre caractéristique de l'invention consiste à établir des liaisons réglables entre la plaque de commande de pas et les pales. Cette liaison est telle que l'on peut faire varier, dans de larges limites, le rapport de mécanisme ou rapport de transmission entre le déplacement angulaire et ladite plaque de commande de pas, relativement à la trajectoire d'extrémité de pale et l'amplitude de la variation périodique de pas. La modification du réglage fera également varier le rapport de transmission entre la variation de la pale dans le méridien et la variation du pas moyen de la pale.

Si on le désire, le plan de la plaque de commande de pas peut être mobile d'une seule pièce dans la direction (moyenne) de l'axe; cette plaque sera alors munie d'une commande additionnelle convenable dans ce but, grâce à laquelle on pourra faire varier l'angle de pas moyen des pales rotoriques.

Il est péférable de placer les tuyères à réaction aux extrémités des pales rotoriques ou dans le voisinage de ces extrémités, de façon à réaliser le rapport optimum entre la vitesse d'éjection du fluide moteur et la vitesse circonférentielle des tuyères.

Dans un dispositif connu comme avantageux, les orifices des tuyères sont disposés de façon à se trouver alignés avec le bord de fuite de la section de profil de la pale. Dans une variante reconnue également comme avantageuse, les orifices d'éjection sont placés sur le dos des pales au point d'épaisseur maxima, ou dans le voisinage de ce point. On considère que cette dernière disposition peut être avantageuse du fait que les forces motrices, d'une part, et aérodynamiques, d'autre part, sont toutes deux appliquées dans le voisinage des axes élastiques et massiques de la pale, et du fait que l'écoulement aérodynamique extérieur dans lequel la tuyère éjecte le fluide moteur atteint sa vitesse maxima locale dans cette région.

Les dessins accompagnant cette description illustrent, à titre d'exemple seulement, un hélicoptère suivant la présente invention.

Dans les dessins :

La fig. 1 est une vue d'ensemble en élévation latérale de l'hélicoptère; cette figure est en partie une coupe; elle est quelque peu schématique;

La fig. 2 est une vue verticale en demi-section de la partie centrale du rotor et de la structure qui le supporte;

La fig. 3 est une projection horizontale partielle constituant une coupe partielle du moyeu du rotor et de la base d'une pale;

La fig. 4 est une vue en élévation du moyeu du rotor et de la structure qui les supporte; elle montre également, d'une façon quelque

peu schématique, la disposition des commandes de vol;

La fig. 5 est une vue isométrique avec coupe partielle du moyeu du rotor et de la structure qui le supporte;

La fig. 6 est une vue plane en coupe de la base d'une pale rotorique;

La fig. 7 est une vue plane de la partie externe d'une pale rotorique;

La fig. 8 est une vue de la même partie en élévation, prise depuis le bord de fuite;

La fig. 9 est une projection plane en coupe de la même région;

La fig. 10 est une vue en plan d'une variante de forme de la pale rotorique, à son extrémité;

La fig. 11 est une vue de la même région, suivant une coupe le long de la ligne X-X de la fig. 10.

Si l'on se réfère à la fig. 1, on voit que la structure d'un hélicoptère comprend une coque 21, un train d'atterrissage 22, une roue de queue 23, un plan de queue 24, un plan mince arrière 25 et un gouvernail 26. Au sommet de la coque se trouve une charpente supportant le rotor. Cette charpente comprend les jambes de force 27, le support 28 du rotor, support sur lequel est monté le rotor qui comprend un moyeu 29 et les pales rayonnantes 30.

Dans la partie avant de la coque, se trouve un appareil représenté dans son ensemble par 31 et destiné à produire un écoulement gazeux de fluide moteur qui peut être de l'air comprimé et échauffé, avec ou sans addition de produits de combustion, et destiné à entraîner le rotor par la réaction des gaz d'éjection. L'ensemble de cet appareil sera désigné par la suite pour plus de brièveté par le terme « générateur ». Le fluide qui sort de ce générateur est conduit par l'intermédiaire d'un tuyau 32 à l'intérieur du support 28 du rotor, support qui est creux.

Le pilote de l'hélicoptère est représenté en traits pointillés en 33, les commandes de vol comprennent une tringle oscillante 34 qui prend appui sur la jambe de force arrière 27 par un joint universel 35 et un levier 36 de commande pas, qui est relié par les tringles 37 et 38 et les leviers coudés 39 et 40 avec une tige verticale 41. Les tringles sont représentées par des traits en pointillé. Les autres liaisons de la tringle de commande 34 et de la tringle de commande de pas 41 avec le mécanisme de commande du rotor sont représentées fig. 4. Elles seront décrites plus loin en se référant à cette fig. 4.

Si l'on se réfère aux fig. 2 à 5, on voit que le support creux 28 du rotor est fixé à son extrémité inférieure, par des boulons 42 sur un collier 43, ainsi que sur une collerette 44 qui se trouvent à l'extrémité supérieure du tuyau 32. Le joint ainsi formé est rendu étanche par des garnitures d'étanchéité 45, 46. Le collier 43 est fixé par des moyens appropriés (non représentés) aux jambes de force 27 de la charpente supportant le rotor. La pièce support 28 se termine à son extrémité supérieure par une forme sphérique 47 qui supporte une pièce oscillante consistant en une moitié supérieure 48 et une moitié inférieure 49. Ces deux moitiés sont fixées entre elles par des boulons 50 et le joint entre ces deux moitiés est monté et rendu étanche par une rondelle d'étanchéité 51. L'intérieur de la pièce oscillante 48-49 est évidé de façon à recevoir des bagues de garniture 52, 53 constituées par du charbon comprimé et moulé. Ces garnitures ont des faces intérieures sphériques, conformées pour s'adapter sur les faces extérieures sphériques des parties supérieure et inférieure du prolongement sphérique 47 de la pièce-support du moyeu. Les surfaces de contact entre les bagues de charbon 52 et 53 d'une part, et le prolongement sphérique 47 d'autre part, font partie d'une même sphère. Ces bagues de garniture 52, 53 en charbon ont non seulement pour but de constituer un palier antifriction entre le prolongement 47 du support et la pièce oscillante 48-49, mais encore de constituer un joint étanche aux gaz entre ces pièces. Pour obtenir ce résultat, les bagues de charbon peuvent déborder sur les faces du prolongement 47 contre lesquelles elles travaillent. On admet un certain serrage dans ce recouvrement, et on l'obtient par la suite en serrant les boulons 50. Le joint sphérique existant entre le prolongement 47 du support et la pièce oscillant 48-49 permet ainsi à cette dernière d'osciller sur le prolongement 47 dans un plan vertical quelconque. Dans ce texte, ainsi que dans ce qui suit, on considère que la verticale coïncide avec l'axe CL représenté par un pointillé mixte de la

pièce support du rotor. En fait, cette ligne est très voisine de la verticale quand l'hélicoptère est en position normale de vol.

On empêche la pièce oscillante 48-49 de tourner autour de l'axe de rotation du rotor, sur la pièce support 28-47, qui correspond dans sa position moyenne à l'axe vertical C. Dans ce but, un chapeau 54 complète à son sommet la moitié supérieure 48 de la pièce oscillante, à laquelle il est fixé par des boulons 55. Le chapeau 54 comporte un moyeu à cannelures 56 portant sur un arbre à cannelures 57. Celui-ci est relié, par un joint universel dont l'ensemble est représenté par 58, avec un siège 59, fixé lui-même dans l'évidement central d'une pièce évasée 60, portée par la partie supérieure du prolongement 47 et du support 28. Cette pièce évasée sert, d'une part, à renforcer le prolongement sphérique 47 et d'autre part à guider le fluide moteur qui s'écoule depuis le tuyautage 32 à travers la partie inférieure tubulaire du support du rotor, vers le prolongement sphérique creux 47 de la même pièce, dont la partie inférieure est munie également d'un carénage 61; celui-ci, avec la pièce 60 à forme évasée, constitue, pour le fluide moteur un passage épousant la forme des lignes de courant, et exempt de changement brusque de section. Il réalise donc une transition progressive et sans choc entre l'écoulement axial et l'écoulement radial du fluide. Ce passage se termine par un orifice annulaire 62 qui occupe tout le pourtour du prolongement sphérique 47, sauf en certains points où il est interrompu par des entretoises étroites 63 du prolongement 47. Ces entretoises assurant une liaison robuste entre la moitié supérieure et la moitié inférieure du prolongement (voir fig. 5). Un orifice annulaire discontinu 64, établi sur la moitié supérieure 48 de la pièce oscillante, correspond à l'orifice annulaire 62 du prolongement sphérique 47 et prolonge le passage offert au fluide moteur dans la direction radiale.

A l'extérieur de la pièce oscillante 48-49 se trouve le moyeu rotatif 65 du rotor. Ce moyeu tourne sur des paliers de butée à billes 66, 67 qui sont supportés respectivement par la moitié inférieure 49 de la pièce oscillante. La bague extérieure 67 du palier est placée dans un prolongement 68 maintenu par des boulons 69 sur le moyeu 65. Cette bague ou couronne est maintenue par un couvercle fileté 70 qui ferme le sommet du moyeu. On obtient l'étanchéité aux gaz dans le jeu existant entre le moyeu 65 et la moitié inférieure 49 de la pièce oscillante, à l'aide de plusieurs bagues élastiques 71 placées dans les gorges d'une bague à collerette 72 fixés sur la pièce 49. Les bagues 71 viennent porter contre la surface cylindrique intérieure d'une bague à collerette 73 supportée par le moyeu.

Le moyeu 65 porte trois prolongements venus d'une seule pièce avec lui 74 et qui constituent les logements des pieds des pales, dans lesquels sont articulés les tronçons de pieds de pales 75. Pour pouvoir faire varier librement l'angle des pales ainsi que pour donner aux pales une certaine liberté d'avance et de retard, relativement à leur position radiale moyenne, les extrémités internes des tronçons de pieds 75 portent des surfaces sphériques mâles 76 qui s'adaptent sur des surfaces sphériques femelles correspondantes des écrous des logements de pales 77; ces derniers viennent se visser dans les logements des pieds de pales 74. La surface sphérique interne de l'écrou 77 du logement de pale possède des gorges annulaires dans lesquelles sont moulées des pièces 77*a* d'un produit imprégné au carbone; ce produit constitue un joint étanche aux gaz et auto-lubréfiant entre l'écrou du logement de pale 77 et les surfaces sphériques 76 qui se trouvent sur les extrémités intérieures des tronçons de pieds de pales 75. On obtient un amortissement du mouvement d'avance ou de retard d'une part, et du mouvement vertical d'autre part, des pales, à l'aide des bagues 78 en produit antifriction qui sont pressées contre les surfaces sphériques intérieures des tronçons des pieds de pales 75, par des ressorts montés dans des évidements des pièces 80 qui supportent la bague de frottement 78. Les pièces 80 peuvent coulisser sur des ressauts fixés sur le moyeu.

Les pieds 82 des pales sont montés sur les tronçons de pieds de pale 75, de façon à pouvoir tourner. Ils sont fixés au moyen de deux paliers de butée à billes; le plus extérieur de ces deux paliers supporte la charge centrifuge de la pale, alors que le palier intérieur 84 est un palier préchargé, la précharge étant appliquée au moyen d'un écrou de charge pré-

alable 85 tenu par un contre-écrou 86 et une rondelle 87.

L'intervalle compris entre le pied de pale 82 et le tronçon de pied de pale 75 est rendu étanche aux gaz au moyen de trois bagues élastiques 88 montées dans des gorges sur l'extrémité extérieure du tronçon de pied de pale 75 et appuyées d'autre part, sur la surface cylindrique interne d'un prolongement 89 fixé au pied de pale 82. On remarquera que dans le cas des deux systèmes de bagues d'étanchéité 88, 89 d'une part, et 71, 73, d'autre part, le mouvement relatif des pièces en contact est un mouvement circulaire, et non pas axial comme dans le cas des bagues d'étanchéité ou segments des pistons des moteurs à combustion interne.

On peut faire varier l'angle de pas des pales au moyen de la rotation du pied de pale 82 sur le tronçon de pied de pale 75; cette variation de pas est commandée et réglée au moyen de liaisons établies entre les pieds des pales et un dispositif de commande de pas monté de façon à avoir le même axe que la pièce 28 support du rotor. Chaque pied de pale 82 porte un appendice 90 dans lequel est vissé un boulon creux 91 qui se termine sur une tige 92 sur laquelle est monté un œillet 131 au moyen d'un coussinet sphérique 93. L'œillet 131 est porté par une des extrémités d'une tringle de liaison 94 (voir fig. 3 et 4). L'autre extrémité de la tringle 94 est reliée, également au moyen d'un œillet 132 et d'un palier sphérique (non visible sur la figure) avec un bras 95 fixé rigidement sur une bague 96. Cette bague est à son tour montée sur une plaque 98 de commande de pas, avec possibilité de tourner, au moyen d'un palier à billes 97.

La plaque de commande de pas est supportée par l'intermédiaire d'une suspension à cardan 99, 100 sur une douille 101 qui fait le tour de la pièce-support 28 du rotor. La plaque de commande de pas 98 est munie d'un appendice ou saillie 102 monté en 103 avec possibilité de pivotement sur la tringle de commande 34. Le fait d'agir sur la tringle de commande 34 fait osciller la plaque de commande de pas dans un plan vertical quelconque sur l'on désire.

Les pales du rotor sont protégées contre les battements relativement au moyeu. Autrement dit, on maintient, au moyen d'un tringlage, une communauté d'axe entre le moyeu et la trajectoire des extrémités de pales. Ce mécanisme consiste en un prolongement vertical central 125 du couvercle 70, sur lequel peut glisser un collier 126 qui est relié aux pieds des pales 82 par des tiges de liaison 127 possédant à chaque extrémité des joints à rotule 128 et 129. On voit clairement que ce tringlage garantit que toutes les pales possèdent le même angle d'inclinaison dans le méridien relativement au moyeu.

La plaque de commande de pas fonctionne de la façon suivante :

Si l'axe commun du moyeu et de la trajectoire des extrémités de pales ne coïncide pas avec l'axe de la plaque de commande de pas, les tringlages 90, 94 et 95 provoquent obligatoirement une variation périodique de l'angle de pas des pales.

Comme l'appendice 90 se trouve sur l'avant de l'axe radial de la pale, relativement au sens de rotation indiqué par une flèche dans la fig. 3, la phase de la variation périodique de pas produit un couple aérodynamique qui agit sur le rotor de façon à rétablir la communauté d'axe ou le parallélisme entre le rotor et de la plaque de commande de pas, autrement dit de façon à amener l'axe de rotation du moyeu en une position dans laquelle il coïncide avec l'axe de la plaque de commande, ou bien dans laquelle il est parallèle à cet axe. La coïncidence ne se produit que lorsque l'axe de la plaque de commande de pas coïncide avec l'axe de la pièce support du rotor 28. L'amplitude de la variation périodique du pas de pale, variation qui est induite par une inclinaison relative des axes du moyeu et de la plaque de commande de pas, varie avec la grandeur de cette inclinaison relative; le rapport de ces deux grandeurs dépend de la position de l'œillet 131 de l'extrémité supérieure de la tringle de liaison 94 On a prévu un dispositif pour régler ce rapport en modifiant la position du boulon 91 relativement à l'appendice 90 sur lequel il est vissé.

Dans la fig. 3, le boulon 91 est réglé dans la position qui donne la valeur minima du rapport entre l'amplitude de la variation du pas de pale et l'inclinaison de l'axe du moyeu sur l'axe de la plaque de commande. Bien que

l'on ait conservé plusieurs filets du boulon 91 en saillie hors de l'extrémité extérieure de l'appendice 90, le fait de diminuer cette projection extérieure se traduirait par des détériorations apportées à une partie du moyeu par la tringle de liaison 94.

On peut voir dans la fig. 4, un dispositif qui donne une plus grande valeur du rapport mentionné ci-dessus. Dans ce dispositif, la tête du boulon 91 est à l'aplomb de l'appendice 90 et le contre-écrou 130 est placé sur l'autre côté de l'appendice. Cela ne réalise pourtant pas toute la zone des réglages possibles. On peut obtenir un nouvel accroissement du rapport cité précédemment en vissant le boulon 91 dans l'appendice 90 dans l'autre sens, de façon que l'axe 92 portant le coussinet sphérique 93 engagé dans l'œil 131, soit à l'extérieur de l'appendice 90. On peut poursuivre ce réglage jusqu'à ce que le boulon 91 ne projette en dehors de l'extrémité intérieure de l'appendice 90 qu'un nombre de filets juste suffisant pour recevoir le contre-écrou 130. La gamme totale des valeurs du rapport cité plus haut, que l'on peut couvrir par le réglage décrit ici, varie de 1/1 à 5/1 (mais il existe un petit intervalle à mi-distance entre ces valeurs extrêmes, qu'il est impossible de réaliser, par suite de l'épaisseur de l'appendice 90. Pour adapter la longueur de la tringle de liaison 94 au réglage précité du boulon 91, les appendices des ouvertures 131 et 132 sont garnies de filets à sens opposé qui s'engagent dans des filets intérieurs correspondants de la tige de liaison 94. On a prévu les contre-écrous 133, 135 pour boquer les ouvertures 131, 132 après réglage de la longueur effective de la tringle de liaison 94. On applique également ce dernier réglage pour obtenir une première égalisation des angles de pas des pales. On voit également que la variation de l'angle d'inclinaison dans le méridien de l'ensemble des pales induit une variation égale et simultanée des angles de pas des pales, grâce à l'action des tringlages 94, etc., ces tringlages agissent, en effet, d'une façon telle que l'augmentation de l'angle d'inclinaison dans le méridien fait apparaître une diminution de l'angle de pas des pales et inversement. Cette caractéristique donne de la stabilité dans des rafales verticales et assure une régulation automatique de la vitesse angulaire du rotor, quand la puissance varie. Elle garantit, de plus, que l'angle de pas de pale prend une valeur qui convient à l'autorotation, quand la puissance est coupée. Le rapport entre la variation de l'angle d'inclinaison dans le méridien et la variation de l'angle de pas peut également être réglé par les boulons 91. Mais ce rapport n'est pas le même que celui existant entre l'amplitude des variations périodiques du pas de pale et l'inclinaison de l'axe du moyeu sur l'axe de la plaque de commande de pas. Cela tient à ce que l'angle d'inclinaison dans le méridien des pales est décrit autour du centre du joint sphérique 76 qui est situé à l'extérieur du centre du moyeu du rotor et de son support.

La tendance exposée précédemment, d'après laquelle l'axe de rotation du rotor tend à rester confondu ou parallèle avec l'axe de la plaque de commande de pas et à retourner à cette position s'il en est écarté, ainsi que l'interaction exposée également précédemment entre l'angle d'inclinaison de pales dans le méridien et l'angle de pas moyen, garantissent que le rotor reste stable dans les manœuvres de toute nature, ainsi que dans un milieu à rafales. On commande facilement la position relative de l'axe de rotation du rotor, par rapport à l'ensemble de la structure, en déplaçant l'axe de la plaque de commande de pas au moyen des commandes du pilote, qui ont été décrites plus haut : on fait suivre à l'axe de rotation du rotor tous les déplacements de l'axe de la plaque de commande, au moyen de la commande indirecte fournie par le tringlage 94, etc.

La douille 101 peut coulisser sur le support 28 du rotor, et elle comporte un appendice 104 qui supporte une tige 105 qui s'engage dans une fourchette 106 pivotant sur une console 107 fixée sur le support 28. La fourchette 106 est reliée en 108, avec possibilité de rotation, à la tige verticale 41 représentée fig. 1. Le mouvement du levier de commande du pas 36 (voir fig. 1) est transmis par le système de tiges et de leviers 37, 38, 39, 40, 41, 106, à la douille 101 qu'il déplace vers le haut ou vers le bas sur le support 28. Grâce à ce moyen, la plaque de commande de pas se déplace dans son ensemble vers le haut et vers le bas. Ce déplacement est transmis par les bras 95, tringles 94 et appendices 90 aux pieds de

pales 82 et provoque une variation égale et simultanée de l'angle de pas de toutes les pales.

Les axes de logements 74 des pales reçoivent une légère inclinaison vers le haut correspondant à l'angle normal de l'inclinaison des pales dans le méridien et sont placés de telle façon que, lorsque les pales sont orientées suivant l'angle d'inclinaison normal dans le méridien, les axes radiaux de ces pales viennent concourir au centre du joint sphérique entre le prolongement du support 47 et les bagues garnitures 52, 53, c'est-à-dire au centre autour duquel s'exécute le mouvement d'oscillation de la pièce oscillante 48-49 qui supporte le moyeu.

On a prévu un frein rotorique, il comprend un tambour de frein 109 muni d'ailettes extérieures de refroidissement par l'air et fixé sur la face inférieure du moyeu 65 par les écrous 110, et des sabots intérieurs de frein à expansion 111 portés par une plaque à collerette 112 fixée par des écrous 113 sur la moitié inférieure 49 de la pièce oscillante. Le mécanisme de commande des sabots de frein n'est pas représenté et peut être d'un type approprié quelconque connu. L'arbre cannelé 57 et le joint universel 58 qui empêche la pièce oscillante de tourner sur le support du rotor 28-47, servent également à transmettre le couple de freinage à ce dernier organe.

A l'intérieur de chaque tronçon de pied de pale 75 se trouve une pièce tubulaire 114 avec extrémité intérieure à profil de tuyère. Cette extrémité intérieure correspond à un orifice 115 dans la paroi du moyeu 65, orifice qui, à son tour, concorde avec l'orifice annulaire 64 de la pièce oscillante 48-49. Le tube 114 fournit ainsi un passage existant entre les pièces 60, 61 et les orifices 62, 64 et 115.

Si l'on se reporte à la fig. 6, on voit que la section transversale du pied de pale 82 diminue progressivement quand on progresse vers l'extérieur, et finit par se transformer en un longeron creux 116 qui constitue l'élément principal de la pale rotorique 30. La charpente secondaire de la pale est indiquée en 134; mais on ne la décrira pas ici d'une façon détaillée, car elle ne constitue pas une partie de cette invention. Le tube 114 qui constitue le passage du fluide moteur, se prolonge à l'intérieur du pied de pale 82 et se termine en 117. En ce dernier point, il s'ajuste d'une façon étroite à l'intérieur du longeron 116, et il est fixé en ce point d'une façon appropriée. On voit ainsi que le tube 114 tourne avec la pale 30 quand l'angle de pas varie. Il est donc mobile relativement au tronçon de pied de pale 75 (voir fig. 2). Pour empêcher le tube 114 de se bloquer contre le tronçon de pied de pale 75, on a réservé un jeu considérable entre ces deux organes, pour tenir compte des effets de dilatation du tube 114 qui est exposé à l'action des gaz chauds s'écoulant depuis le support du rotor vers les pales. Le longeron 116 constitue donc le tuyautage du fluide du moteur à l'intérieur de la pale elle-même, dont la partie extérieure est représentée sur les fig. 7 à 9. On voit sur ces figures que la pale 30 se termine par une tuyère à réaction 118. Cette tuyère comprend intérieurement un tuyautage coudé 119 qui communique avec le longeron creux 116 et une tuyère convergente-divergente 120 qui se termine par un orifice 121 aligné avec le bord de fuite de la pale. Cette ouverture est de forme allongée pour se conformer au profil de la pale. On voit par la fig. 28, que l'ensemble du dispositif de tuyère a une forme très aplatie, de façon à se confondre avec le contour de la pale. La partie antérieure de la tuyère comporte une masselotte 122 qui a pour but d'équilibrer les poids de la pale. Ce poids étant placé nettement sur l'avant du bord d'attaque de la pale sert à placer le centre de gravité général de la pale dans une position suffisamment sur l'avant, pour empêcher les vibrations de pale, d'après des principes connus.

Les fig. 10 et 11 représentent l'extrémité extérieure d'une pale rotorique 30 possédant une variante du dispositif de tuyère. Dans cette variante, la tuyère 123 constitue un prolongement du longeron creux 116 (non représenté). L'orifice 124 de la tuyère a une forme allongée. Il est placé sur le dos de la pale, c'est-à-dire sur la face qui se trouve en dépression, aux environs du point d'épaisseur maxima : On considère que ce dispositif présente certains avantages indiqués plus haut.

RÉSUMÉ :

1° Hélicoptère dans lequel l'organe rotorique de sustentation comprend une pièce support creuse reliée rigidement à la coque de

l'hélicoptère, une pièce oscillante fixée sur la pièce support par un joint universel qui lui donne une liberté d'osciller dans un plan vertical quelconque, un moyeu pouvant tourner librement sur la pièce oscillante autour d'un axe à peu près vertical, des dispositifs empêchant la pièce oscillante de tourner sur la pièce support autour de l'axe précité, un certain nombre de pales rotoriques sustentatrices, articulées sur le moyeu de façon à pouvoir faire varier l'angle de pas de pale, des dispositifs qui réagissent lorsque l'axe de la trajectoire des extrémités des pales s'écarte d'une certaine position-origine, pour imprimer à chaque angle de pas de pale une variation périodique ayant une phase et une amplitude stabilisatrices, variation proportionnelle à l'importance de l'écart, et des moyens permettant de faire varier d'une façon réglable la position-origine; ledit système de rotor étant combiné avec des moyens d'entraînement de rotor comprenant des tuyères à réaction montées sur, ou incorporées dans les pales rotoriques, un écoulement de fluide moteur réactif étant fourni depuis la coque de l'hélicoptère, à travers le support creux, à travers des conduits appropriés et à travers des ouvertures concordantes et également appropriées de la pièce oscillante, du moyeu et des pales.

2° Forme de réalisation d'un hélicoptère suivant 1°, caractérisé par un ou plusieurs des dispositifs suivants pris séparément ou en combinaison :

a. Des dispositifs sont prévus pour rendre étanches les jeux des articulations existant entre la pièce support, la pièce oscillante, le moyeu et les pales et pour protéger l'appareil contre les fuites de fluide moteur;

b. Une pale rotorique possède une tuyère à réaction faisant partie de la pale, et dont le centre de gravité se trouve sur l'avant du centre de gravité du reste de la pale (relativement au sens de la rotation), de façon que la masse de l'ensemble de la tuyère contribue à l'équilibrage des poids de la pale et, par suite à la suppression des vibrations de pales;

c. Un pale rotorique comprend un système de tuyère à réaction, ce système ayant l'orifice de tuyère placé sur le bord de fuite de la pale et aligné avec ce bord de fuite, l'orifice étant de forme allongée (dans la direction radiale de la pale) et l'ensemble de la tuyère étant caréné dans la surface extérieure de la pale;

d. Une pale rotorique comprend un système de tuyère à réaction dont l'orifice est situé sur la surface supérieure, c'est-à-dire sur la face en dépression de la pale, aux environs du point d'épaisseur maximum, l'orifice ayant une forme allongée (dans la direction radiale de la pale);

e. Des dispositifs de liaison entre les pales et le moyeu sont prévus et ils ont pour effet d'obliger la trajectoire des extrémités de pales à avoir le même axe que l'axe de rotation du moyeu;

f. Des dispositifs de liaison entre les pales et le moyeu sont prévus et ils permettent de faire varier l'angle d'inclinaison des pales dans le méridien, relativement au moyeu, tout en empêchant les pales de battre;

g. Un dispositif de plaque pour la commande de pas et pouvant osciller par rapport à la pièce support dans un plan vertical quelconque, des moyens de contrôle du pilote pour régler l'inclinaison dudit dispositif de plaque et des liaisons entre ce dernier dispositif et les pales rotoriques sont prévus pour commander et régler la variation périodique de l'angle de pas des pales;

h. Les liaisons entre le système de plaque de commande de pas et les pales rotoriques, en vue de commander et de régler la variation périodique de l'angle de pas des pales, comprennent des moyens réglables permettant de faire varier le rapport entre l'inclinaison de ladite plaque de commande relativement à l'axe de rotation du moyeu et l'amplitude de la variation périodique de pas de pale qui en résulte;

i. Des moyens à la disposition du pilote sont prévus pour faire varier également et simultanément l'angle de pas de toutes les pales rotoriques;

j. Des dispositifs de joints sont prévus entre la pièce oscillante et la pièce support du rotor et ils sont construits de façon que le point autour duquel oscille la première de ces pièces se trouve situé sur l'axe de rotation du rotor;

k. Les dispositifs de joints reliant la pièce oscillante à la pièce support sont construits de telle façon que le point autour duquel oscille

la première de ces pièces soit situé, en vol normal, sur l'axe de rotation du rotor, à peu près au sommet du cône engendré par les axes radiaux des pales;

l. Des moyens sont prévus pour relier les pales rotoriques au moyeu et pour permettre dans une mesure limitée, une certaine avance ou un certain retard des pales, indépendamment les unes des autres et relativement à leur position moyenne.

Société dite :
THE CIERVA AUTOGIRO COMPANY LIMITED.
Par procuration :
A. DE CARSALADE DU PONT.